

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

GRUPO PUJOL MARTÍ
DIVISIÓN: Abonos Agro S.A.

OUTSOURCING en el mantenimiento de los sistemas de climatización.
Verificación técnica del estado electromecánico de generadores eléctricos.

INFORME FINAL PARA ASPIRAR AL GRADO DE BACHILLERATO EN
INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Elaborado por:

Rónald Vincenti Hernández

Profesor asesor:

Ing. Alberto Romero

Asesor empresarial:

M.B.A. Guillermo Barrantes

I, 2003



AGRADECIMIENTOS.

Primeramente, agradezco a Dios Todopoderoso, siempre mi guía, fortaleza y esperanza. Gracias a Él he llegado hasta aquí.

Por supuesto, agradezco a mi familia y el gran apoyo de parte de mis padres, insuperables por ninguna otra persona.

Agradezco con todo mi cariño a aquellas personas que muchas veces, sin entender, han sido el soporte y me han enseñado la siguiente puerta de salida. Esos son los amigos y amigas, especialmente a “Pepi”.

En este proceso agradezco también a la empresa Abonos Agro y a todos los que directa o indirectamente se vieron involucrados en esta aventura.

Gracias:

M.B.A. Guillermo Barrantes,

Ing. Alberto Romero,

y a todo el personal del Departamento de Mantenimiento del Grupo Pujol Martí.

DEDICATORIA.

“... así como cualquier viraje en la vida de un individuo
le enseña mucho y le trae ricas experiencias y grandes emociones,
la revolución ofrece a todo un pueblo, en poco tiempo,
muy ricas y valiosas enseñanzas”

Lenin

A todos aquellos que se encuentran trabajando
para hacer de este, un mundo mejor.

RESUMEN

En el siguiente se presentan dos proyectos basados en el Departamento de Mantenimiento del Grupo Pujol Martí con el objetivo de mejorar su eficacia.

Este departamento se encuentra ubicado en Abonos Agro La Uruca y atiende las áreas de climatización, electrificación, soldadura, pintura y ebanistería.

En el primero de los estudios se realiza un análisis acerca del manejo administrativo y alcance de los trabajos de mantenimiento de las unidades de aire acondicionado y refrigeración, con el objetivo de encontrar el punto de equilibrio con respecto a la subcontratación de ciertos servicios.

Lo primero fue observar y recolectar datos de la manera en que se realizan los trabajos de mantenimiento en la actualidad para luego analizarlos según las distintas opciones de servicios que se encuentran en el mercado nacional.

El estudio técnico realizado de forma paralela corresponde a una verificación de las instalaciones electromecánicas de tres generadores eléctricos instalados en Abonos Agro La Uruca y uno en Abonos Agro San José. Por último, se dan recomendaciones basadas en los datos de los fabricantes.

SUMMARY

On this document two projects put forward based on Pujol Martí Group Maintenance Department with the propose to get better its own efficiency.

The Maintenance Department is localized in Abonos Agro La Uruca building and brings service in acclimatized, electrification, welding, paint and cabinetwork areas.

The first project analyses considerate the administrative management and the scope of maintenance works of air condition and refrigeration equipment. All this with the objective to find balance point respect to subcontract services.

The first step was look and collect data respect the way like the maintenance works get realized. After analyze it look out for different service options in national market.

As technical project has been made a verification of electromechanical installation of three electrical generators installed in Abonos Agro La Uruca and one in Abonos Agro Barrio México. For last, it has been made recommendations based on manufactures data.

Índice

<u>1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA EMPRESA</u>	<u>9</u>
1.1 VISIÓN: GRUPO PUJOL MARTÍ.	9
1.2 MISIÓN: GRUPO PUJOL MARTÍ.	9
1.3 HISTORIA: ABONOS AGRO S.A.	9
1.4 PRESENCIA.	10
1.5 ACTIVIDADES.	10
1.6 TRAYECTORIA Y EXPERIENCIA.	10
1.6.1 LÍDER EN EL SECTOR DEL ACERO.	11
1.6.2 PRODUCTOS DE FERRETERÍA.	11
1.6.3 PRODUCTOS DE FIBROYESO.	11
1.6.4 PRODUCTOS DE MADERA.	11
1.6.5 SECTOR HOTELERÍA.	11
1.6.6 INVERSIÓN EN COSTA RICA.	11
<u>2. ORGANIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</u>	<u>12</u>
<u>3. OUTSOURCING DEL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AIRES ACONDICIONADOS Y REFRIGERACIÓN</u>	<u>15</u>
3.1 OBJETIVO.	15
3.2 JUSTIFICACIÓN.	15
3.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO.	17
3.3.1 INVENTARIO DE EQUIPOS.	18
3.3.2 USO DE CÓDIGOS.	19
3.3.3 EN BUSCA DE LA TERCERIZACIÓN.	20
<u>4. TOMA DE DATOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO</u>	<u>21</u>

4.1 DISTRIBUCIÓN DE EDIFICIOS.	21
4.2 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS POR CARGA TÉRMICA.	22
4.2.1 HASTA 60 000 BTU/Hr.	23
4.2.2 MÁS DE 60 000 BTU/Hr.	24
4.3 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS POR EDIFICIOS.	25
4.4 REPORTE DE TRABAJOS REALIZADOS.	27
4.4.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.	29
4.4.2 MANTENIMIENTO PROGRAMADO.	30
4.4.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	30
4.5 COSTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (SITUACIÓN ACTUAL).	31
4.6 RECOMENDACIONES.	37
4.6.1 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	37
4.6.2 DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	38
4.6.3 BOLETAS DE REPORTES POR TRABAJOS REALIZADOS.	38
4.6.4 EXCLUSIÓN DE ZONAS DE MENOR BENEFICIO Y MAYOR COSTO.	38
4.6.5 PARÁMETROS DE LOS CONTRATOS	39
4.6.6 CONTRATACIÓN PARA INSTALACIONES	40

<u>5. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE GENERADORES ELÉCTRICOS</u>	41
--	-----------

5.1 OBJETIVO.	41
5.2 JUSTIFICACIÓN.	41
5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.	42
5.4 SITUACIÓN ACTUAL.	42
5.4.1 GENERADOR 1	42
5.4.2 GENERADOR 2	42
5.4.3 GENERADOR 3	43
5.4.4 GENERADOR 4.	43
5.5 METODOLOGÍA.	43

5.6 FACTORES DE UNA ADECUADA INSTALACIÓN MECÁNICA. MARCO TEÓRICO	45
5.6.1 MONTAJE.	45
5.6.2 REQUISITOS DE VENTILACIÓN.	46
5.6.3 REQUISITOS DEL SISTEMA DE ESCAPE.	48
5.6.4 SISTEMAS DE COMBUSTIBLE.	49
5.6.5 REQUISITOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.	49
5.7 ESTUDIO DE LA CAPACIDAD ELÉCTRICA.	51
5.8 ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS.	53
5.8.1 MONTAJE.	53
5.8.2 VENTILACIÓN.	53
5.8.3 SISTEMA DE ESCAPE.	53
5.8.4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE.	53
5.8.5 CONEXIONES ELÉCTRICAS.	54
5.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	54
Bibliografía	55
APÉNDICE	56
TABLAS Y GRÁFICOS	56

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA EMPRESA

1.1 Visión: Grupo Pujol Martí.

Ser líderes en la producción y comercialización de materiales de construcción en el área de Centro América y el Caribe.

1.2 Misión: Grupo Pujol Martí.

Brindar a nuestros clientes la más amplia gama de materiales de construcción, de la mejor calidad y al menor costo posible, apoyados en el desarrollo de las comunidades donde operamos y desempeñando nuestra actividad bajo los más altos principios de honestidad, moralidad, determinación y productividad a través de nuestros empleados, y lograr así el incremento sostenido en el valor de nuestra compañía.

1.3 Historia: Abonos Agro S.A.

Nace, en 1943, como una fábrica de abono orgánico para uso en la agricultura. Su fundador fue don José Pujol Martí, talentoso inmigrante español radicado en Costa Rica. En 1946 se inicia en el campo de los materiales para construcción importando productos como el cemento, varillas o barras de acero para el refuerzo de las estructuras de concreto, láminas galvanizadas y aluminio para techo.

Abonos Agro es la empresa que comercializa todos los materiales que se producen en las fábricas del Grupo Pujol Martí.

Además, Abonos Agro es la empresa de mayor volumen de ventas de acabados, productos importados para la construcción y ferretería, lo cual, en conjunto, la convierte en la más grande del país y en una de las más importantes del área de Centroamérica y el Caribe.

1.4 Presencia.

Principal grupo económico privado de Costa Rica e importador privado y sólido exportador de Costa Rica.

1.5 Actividades.

Actividades en orden de importancia:

Acero.

Ferretería.

Fibroyeso.

Madera.

Hotelería.

Industria de la construcción.

1.6 Trayectoria y experiencia.

Cincuenta y seis años operando en el sector del acero y 40 años en el sector de la construcción.

1.6.1 Líder en el sector del acero.

Líder en fabricación y ventas de productos de acero para la construcción civil en Costa Rica

Productor y distribuidor de varilla o barras de acero para refuerzo de concreto, tubería industrial y galvanizada, perfiles estructurales y tubos EMT, láminas de hierro para techo, láminas en caliente y frío para la industria y productos trefilados.

1.6.2 Productos de ferretería.

Uno de los principales importadores de productos de ferretería, además de la producción de enseres trefilados para la venta en ferreterías (alambre galvanizado, clavos, alambre para uso agrícola, etc.)

1.6.3 Productos de fibroyeso.

Fabricación y comercialización de láminas de fibroyeso *J.P.M.* para uso en construcción de sistemas livianos de cielos y paredes.

1.6.4 Productos de madera.

Sólido posicionamiento en el sector de la madera laminada en Costa Rica con una mezcla de madera contra chapada (Plywood), láminas de M.D.F. (MEDIUM DENSITY FIBERBOARD) y fabricación y venta de láminas hechas a base de partículas de madera aglomerada (PARTICLE BOARD)

1.6.5 Sector Hotelería.

Si bien la división de hotelería es un emprendimiento incipiente y menor dentro del Grupo Pujol, representa una actividad diferente dentro de un sector de gran crecimiento.

1.6.6 Inversión en Costa Rica.

El grupo Pujol Martí está realizando inversiones con el propósito de incrementar la capacidad productiva y de comercialización para así aumentar su cuota de mercado en Costa Rica y en el resto de los países de Centroamérica y el Caribe.

2. ORGANIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

En la empresa Abonos Agro La Uruca se cuenta con un Departamento de Mantenimiento encargado de brindar servicio a todos los puntos de venta (sucursales) y, en algunos casos, presta el servicio de sus técnicos al resto de empresas pertenecientes al Grupo Pujol Martí (GPM).

El Departamento de Mantenimiento como tal se divide en cinco áreas especializadas, con técnicos encargados en cada una de ellas y distribuidos de la siguiente manera: 3 técnicos y 1 ayudante en el área de aires acondicionados y refrigeración, 3 técnicos electricistas, 3 en ebanistería, 2 soldadores y 1 pintor; todos estos con el apoyo de 3 ayudantes más que se reparten en las distintas áreas según la cantidad de trabajo, importancia y necesidad determinada por los técnicos. Cada una de las áreas se representa por uno de los técnicos, quien, eventualmente, se reúne con los encargados de la planeación.

A cargo de la planeación y organización de los trabajos se encuentra el jefe de Mantenimiento quien designa tanto a técnicos y ayudantes, en las distintas tareas previamente solicitadas por los encargados de departamentos y la Gerencia de las distintas empresas del Grupo. Esta tarea la realiza con la supervisión absoluta de la Gerencia Administrativa de Abonos Agro La Uruca con quien se coordinan los trabajos.

Las necesidades y solicitudes explícitas de trabajo se hacen llegar tanto al gerente, supervisor del departamento, como al *jefe de Mantenimiento*, mediante correo electrónico a través de la intranet. De esta manera, se analizan cada uno de los posibles trabajos a realizar y en función de la disponibilidad de los técnicos y la importancia que represente el trabajo. Así se colocan en la lista de planeación.

Posteriormente, realizado cada uno de los trabajos, el jefe de Mantenimiento se encarga de generar una retroalimentación basándose en los comentarios aportados por el personal técnico, como por quienes reciben los trabajos en cada empresa del grupo.

Para la distribución del personal de mantenimiento en cada uno de los campos de trabajo (fuera de los talleres), se cuenta con dos automóviles tipo panel, donde se transportan, junto a las herramientas y material necesario en cada uno de los proyectos.

El área con mayor crecimiento y mayor cobertura es la de los aires acondicionados y refrigeración; lo anterior debido a que velan por el buen funcionamiento de todas las unidades instaladas, y en proceso de instalación, de todas las empresas del Grupo, ubicadas éstas últimas en distintas partes del país. Debido a la carga de trabajo en dicha área que, además de ser de gran importancia, se encuentra distribuida en regiones distantes, se le ha asignado de manera fija uno de los automóviles y un mayor grado de independencia para la coordinación de sus trabajos. Por lo tanto, muchas de las solicitudes realizadas por las empresas son recibidas directamente por el encargado del grupo de técnicos de los sistemas de climatización quien, posteriormente, presenta un informe al gerente de Abonos Agro La Uruca.

La estructura del Departamento de Mantenimiento, tal como se describió anteriormente, se detalla en el siguiente organigrama.

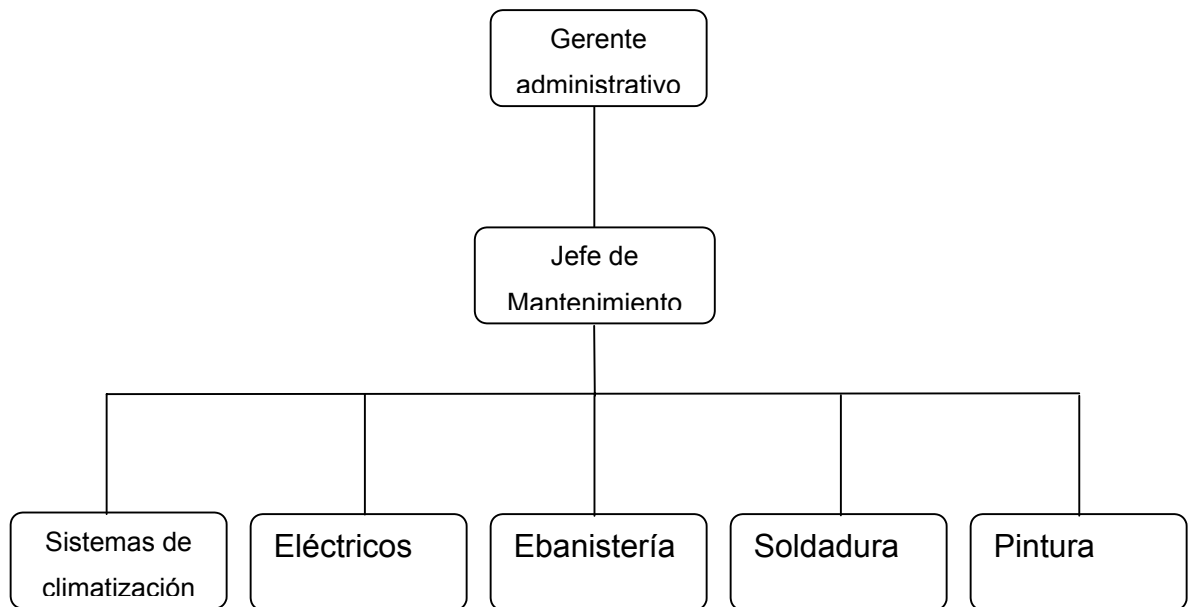


Figura 2.1 Organización del Departamento de Mantenimiento

3. OUTSOURCING DEL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AIRES ACONDICIONADOS Y REFRIGERACIÓN

3.1 Objetivo.

Determinar el punto de equilibrio en la administración del mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado y refrigeración.

3.2 Justificación.

Los sistemas de acondicionamiento de aire y refrigeración a nivel industrial, representan hoy día un complemento indispensable en el control de la producción, aumento de la eficiencia en los sistemas electrónicos y bienestar al personal, lo que se traduce en un mayor rendimiento de estos.

Al hacer una revisión de la cantidad de sistemas de climatización instalados en las empresas del Grupo Pujol Martí, se puede constatar el gran número de unidades instaladas y otras más que están en proceso de instalación. Esta cantidad se aproxima a los 400 equipos y con todo esto, tan solo se tienen dispuestos tres técnicos y un ayudante para los trabajos de mantenimiento.

Aunado a la cantidad de equipos y el promedio de crecimiento de carga térmica se debe tomar en cuenta la distribución geográfica de todos los edificios donde están instalados dichos equipos.

Empero, la importancia mayor de los sistemas de acondicionamiento de aire se refleja en el control de la humedad para los equipos electrónicos de alta precisión.

Entre todas las plantas de producción y edificios son dos los casos que sobresalen de suma importancia:

- a. Sistemas de climatización para cuartos de servidores y UPS.
- b. Sistemas de climatización de salas eléctricas con *variadores de frecuencia*.

La característica principal de estos equipos electrónicos es la exigencia del mismo fabricante de mantener *temperatura y humedad* constante durante todo el tiempo de su operación ya que en sí mismos los equipos poseen sistemas de protección que detienen su funcionamiento cuando se generan aumentos desproporcionados de dichas características, lo que genera paros totales en la producción y servicios.

De esta manera, nace la inquietud, por parte, de la gerencia administrativa respecto a la calidad de mantenimiento preventivo que se les esté brindando a los sistemas de climatización, tanto en las zonas de producción como en las áreas administrativas; así como la eficacia en la respuesta a los casos de mantenimiento correctivo y el costo que se está generando por mantenimiento.

Dicha inquietud es la que le da validez a este proyecto de investigación donde se contempla el costo, la calidad y el tiempo de respuesta de los encargados del mantenimiento de los sistemas de climatización.

A la vez se contempla la posibilidad de subcontratar los servicios de terceros y cómo estos podrían mejorar el servicio de mantenimiento, disminuyendo la cantidad de paros de los sistemas de aire acondicionado, aumentando la vida útil de los mismos y disminuyendo el costo total que se le carga a cada una de las empresas del Grupo por concepto de manutención de sus equipos.

Por lo tanto, el fin último de esta investigación es determinar con datos reales el punto de equilibrio entre un mantenimiento brindado por los propios técnicos de la empresa y la subcontratación (OUTSOURCING) de empresas externas dedicadas al servicio de instalación y mantenimiento preventivo de sistemas de acondicionamiento de aire y refrigeración.

3.3 Metodología de Trabajo.

Para determinar el punto de equilibrio entre la subcontratación y el mantenimiento brindado por los técnicos de la empresa se hace necesario recolectar una serie de datos que a continuación se describen; estos son analizados y guardados para un futuro control de crecimiento.

Ubicación de cada una de las empresas pertenecientes al Grupo Pujol Martí, a las cuales se les brinda el servicio de mantenimiento en el área de aires acondicionados y refrigeración.

Identificar cada uno de los equipos para climatización instalados en los edificios o plantas de producción.

Señalizar mediante codificación alfanumérica, los equipos de acondicionamiento de aire y refrigeración ubicados en cada planta o edificio.

Desarrollar una base de datos para el manejo de la información generada por el subdepartamento encargado del mantenimiento de aires acondicionados y refrigeración.

Almacenar la información técnica de los equipos. En esta base de datos se guarda la información de los equipos relacionada con el modelo, número de serie, voltaje, capacidad térmica y la ubicación por área dentro del edificio o planta de cada empresa.

Relacionar la base de datos con los cronogramas de trabajo propuestos por el grupo encargado del mantenimiento de aires acondicionados.

Relacionar la base de datos con la información presentada en las boletas de trabajo entregadas en función de los trabajos realizados por cada uno de los técnicos.

Conocer mediante entrevistas, el servicio que ofrecen distintas empresas dedicadas al mantenimiento e instalación de sistemas de aire acondicionado y refrigeración.

El proceso anterior permitirá tener una visión amplia del manejo de la actividad del mantenimiento propiciada por los técnicos de la empresa y al mismo tiempo discernir en el tipo de beneficios que puedan ofrecer las empresas subcontratadas.

3.3.1 Inventario de equipos.

Para obtener los datos técnicos de todos los equipos instalados en las empresas de GPM, será siempre necesario la ayuda de uno de los técnicos con quien se realizarán los distintos recorridos por las plantas. Lo anterior permite, a la vez, ubicarlos según las distintas áreas.

Conformada la base de datos con la información de los equipos de climatización se obtienen grandes ventajas, las cuales son un medio para obtener los resultados deseados en la investigación. Dichas ventajas se detallan a continuación:

Llegar a conocer por parte de la Gerencia, (técnicos e investigadores), la cantidad de equipos (activos) instalados en GPM.

Calcular la carga térmica instalada y el consumo de energía eléctrica que esto representa.

Diferenciar la periodicidad del mantenimiento y los procedimientos requeridos en las distintas plantas, edificios y empresas en general.

De manera global, se puede destacar los fabricantes de los equipos instalados en las plantas y demás empresas con el fin de saber quienes son los proveedores de repuestos y que empresas pueden brindar el servicio de mantenimiento.

3.3.2 Uso de códigos.

El manejo de códigos para identificar los equipos permite de manera más sencilla, pero precisa, ubicar los equipos. Cada empresa del grupo tendrá una lista impresa con todos los datos referentes a los equipos distribuidos por áreas.

En el caso del mantenimiento correctivo de alguno de los equipos, se podrá hacer referencia a este con una clara ubicación dentro del edificio haciendo referencia a la base de datos. Mediante el reporte de daño de un equipo con su respectivo código, el técnico responsable sabrá de manera inmediata el modelo de dicho equipo y podrá así determinar los repuestos necesarios. Esta ventaja es más notable cuando el reporte se genera desde alguna de las plantas ubicadas fuera del Área Metropolitana como el caso del Complejo Industrial en Caldera.

En el código de cada equipo se incluye el código de planta, en el cual se encuentra el equipo, seguido por numeración consecutiva. En el caso de sistemas Multi Split, cada unidad evaporadora tendrá el mismo número consecutivo con una terminación alfabética. Un ejemplo de esto se presenta a continuación:

23A	Oficinas EUROAMERICA	LG	Multi Split	12000
23B	Oficinas EUROAMERICA	LG	Multi Split	12000
23	Unidad condensadora	LG	Multi Split	24000

3.3.3 En busca de la tercerización.

En el mercado nacional se encuentran una serie de empresas dedicadas a la venta, instalación y servicios de mantenimiento de unidades de aire acondicionado. Vale decir que ya existen relaciones comerciales con algunas de estas empresas ya que por distintos motivos se ha requerido en algún momento la contratación de distintos servicios.

Por supuesto, la compra de unidades siempre se ha hecho a través de empresas establecidas en el país las cuales se reconocen como distribuidores autorizados de marcas tales como TRANE, YORK, AHP, CARRIER, etc.

La revisión y limpieza de los sistemas de climatización de todas las empresas del grupo, se hace sin excepción con el personal del Departamento de Mantenimiento. Sin embargo, no existe un manual de procedimientos ni un cronograma específico para la realización de trabajos de mantenimiento preventivo.

La instalación de las unidades de climatización ha sido de manera aleatoria subcontratada y, en algunos casos, realizada por el personal técnico del Departamento de Mantenimiento. Lo anterior sin seguir un procedimiento de decisión basado en estudios ingenieriles-administrativos, que permitan discernir en que casos resulta más apropiada una de las dos opciones.

El contacto con algunas empresas del mercado relacionadas con equipos de aire acondicionado y refrigeración permitirá aclarar qué servicios y en qué casos será más rentable la subcontratación.

4. TOMA DE DATOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO

4.1 Distribución de edificios.

En primer lugar, se determinará el alcance del trabajo realizado por los técnicos encargados del mantenimiento de los equipos de climatización. Por tal motivo se presenta la siguiente tabla, en que se detalla la ubicación geográfica de cada empresa a la cual se le presta el servicio de mantenimiento y el código designado para la implementación de una base de datos y un uso más ágil de la información. Así se puede tener un panorama general del desplazamiento del personal técnico.

Tabla 4.1 Ubicación de las empresas.

Código	Empresa	Ubicación
AALN	Abonos Agro	Limonal
AALU	Abonos Agro	La Uruca
AAPZ	Abonos Agro	Pérez Zeledón
AASJ	Abonos Agro	B° México
AU	Almacenes Arnau	La Uruca
DP	Durpanel	Colima
EU	Euroamérica	Caldera
LC	Laminadora CRC	Colima
LG	Laminadora CRC	Guápiles
SC	Sey	Caldera
SU	Sey	La Uruca
TF	Trefilería	Colima
TFC	Trefilería	Caldera
TG	Tubo Tico – Galvatica	Pavas
TGC	Tubo Tico – Galvatica	Caldera
TS	Terrasacra	La Uruca
TTLM	Transitaria	Limón
TTPC	Transitaria	Paso Canoas
TTPT	Transitaria	Puntarenas – Caldera
TTSJ	Transitaria	San José
VR	Villas del Río	Escazú

En total, se les brinda servicio de mantenimiento a 21 edificios entre los cuales se encuentran oficinas administrativas, plantas de producción e instalaciones hoteleras. Además, se realizan algunos trabajos pequeños en otros edificios que no se listaron anteriormente ya que su carga térmica es relativamente baja y los trabajos realizados resultan esporádicos.

4.2 Distribución de equipos por carga térmica.

Para poder determinar un punto adecuado en la administración del mantenimiento de equipos de aire acondicionado y sistemas de refrigeración, resulta necesario separar en grupos la totalidad del inventario de equipos con el fin de designar grados de prioridad y características por subgrupos, según datos por costos de mantenimiento, disponibilidad de los técnicos en las distintas áreas, ubicación de los equipos, características técnicas de los equipos; todo con el objetivo de mantener la más alta calidad en el servicio, bajos costos de operación y una respuesta a tiempo para cualquier tipo de mantenimiento requerido.

La primera división se hace en función de la capacidad térmica de los equipos instalados, característica que determina el volumen de aire desplazado y la capacidad de absorción del calor del medio. La capacidad que posee cada equipo, tiene un efecto directo sobre el consumo eléctrico. Por lo tanto, la división del inventario se hace de la siguiente manera:

Equipos de 0 a 60000 Btu/hr (5 toneladas térmicas).

Equipos con capacidad mayor a 60000 Btu/hr.

4.2.1 Hasta 60 000 Btu/Hr.

Los equipos que forman parte del grupo de 0 a 60000 Btu/hr representan la mayoría de los equipos instalados en plantas y edificios del GPM. Estos se encuentran en oficinas, habitaciones, cuartos de enlace, cuartos de control de procesos, etc. Como se muestra en la tabla 4.2, son 352 los equipos comprendidos en esta categoría, contabilizados hasta el 31 de marzo del 2003.

Cerca del 100% de los equipos con capacidad menor a los 60000 Btu/hr trabajan con una tensión de 220 V monofásica, con consumos menores que 30 amperios.

El mantenimiento preventivo corresponde a una rutina de limpieza y verificación visual de funcionamiento, como se detalla a continuación:

- a) Limpieza de serpentín del evaporador
- b) Limpieza de serpentín del condensador
- c) Limpieza de filtros de aire.
- d) Limpieza de difusores de aire.
- e) Limpieza general de gabinete.
- f) Limpieza de bandeja y drenaje de condensados.
- g) Revisión de conexiones eléctricas.
- h) Lectura de voltaje y amperaje de motores y compresores.
- i) Lubricación de motores cuando se requiera.
- j) Revisión de funcionamiento del termostato.
- k) Medición de las respectivas presiones del refrigerante.
- l) Verificación de fugas.
- m) Revisión de los abanicos y sus aspas.

Esta rutina debe realizarse periódicamente variando la frecuencia en función del ambiente de trabajo, donde se encuentren localizados los equipos. En el caso de oficinas y habitaciones, la polución y, por lo tanto, el deterioro es más bajo que en los equipos ubicados en zonas de producción. Este último corresponde al caso de las plantas, donde se encuentran materiales en suspensión tales como: hollín, polvo de fibra de yeso (Euroamérica), ácidos del proceso de galvanización (Tubo Tico y Gavatica), etc. Además, es común medir mayores temperaturas en medio de las plantas debido al calor que se propaga desde hornos, calderas y las líneas de producción en general.

Una adecuada eficiencia de funcionamiento de los equipos como respuesta a un constante mantenimiento, se traducirá en una larga vida para ellos y un menor consumo energético. Es percibido, además, por los usuarios y los equipos electrónicos ya que la temperatura y humedad del medio no varían a través del tiempo.

4.2.2 Más de 60 000 Btu/Hr.

Equipos de más de 5 toneladas, que se encuentren instalados en plantas de procesos, corresponden en la mayoría de los casos a diseños especiales de los fabricantes para, responder a necesidades específicas del usuario en los procesos.

Tanto la construcción, diseño y, por supuesto, el mantenimiento de dichos equipos presumen procedimientos más complejos.

Una característica de importancia en estos sistemas es el consumo energético y los picos de corriente provocados al arranque. Estos picos son medidos y se expresan como máxima demanda.

El control sobre el consumo y la máxima demanda representan, entonces, puntos clave para la minimización de los costos de producción en las plantas donde se encuentran instalados, y es en este campo donde el Departamento de Mantenimiento debe promover programas y rediseños agregados a los procedimientos de mantenimiento preventivo, que controlen el consumo energético, para mantener a la vez, la capacidad máxima de transferencia de calor y manejo de la humedad.

4.3 Distribución de equipos por edificios.

Continuando con la medición de la actividad de mantenimiento, a continuación se presenta una tabla con la cantidad de equipos instalados en cada edificio y divididos según su capacidad térmica.

Tabla 4.2 Cantidad de equipos y carga térmica instalada por edificio.

Código	Cantidad de eq. (0-5 ton)	Cantidad de eq. (más de 5 ton)	Capac. Térmica (Ton)
AALN	7		11,2
AALU	23		49,2
AAPZ	3		5
AASJ	37		58,6
AU	15		21,7
DP	22		24,1
EU	21	1	56,2
LC	14		30,4
LG	16	4	150
SC	7		10,25
TF	10		14,6
TFC	41	4	273
TG	21		23,7
TGC	12	8	116
TS	5		14,5
TTLM	2		7
TTPC	3		9
TTPT	7		13
TTSJ	8		12,5
VR	78		135,5
TOTAL:	352	16	1035,45

Los datos de esta tabla se recolectaron con ayuda del personal técnico de mantenimiento. Estos forman parte del levantamiento de un inventario total en el cual se toman en cuenta, además, datos de marca de equipo, modelo de evaporador y condensador, número de serie de evaporador y condensador, voltaje y ubicación física dentro del edificio de cada empresa.

Por políticas de la empresa, la totalidad de los datos no serán demostrados en este documento. De hecho no contribuyen en los resultados finales.

La importancia de la tabla 4.2 es que permite señalar los edificios adonde se concentran la mayor cantidad de equipos y de igual manera, en cuales edificios se concentra la mayor carga térmica instalada.

La capacidad total de remoción de calor en un edificio por parte de los equipos de climatización, tiene un efecto directo en el consumo eléctrico. Por tanto, la tabla anterior permite visualizar y tomar medidas a futuro para disminuir el gasto por consumo de electricidad.

En tanto la cantidad de equipos instalados, como el valor total de carga térmica, afectan la duración, cantidad de técnicos y especialización en cada rutina de mantenimiento preventivo realizada por edificio. Existe así, un efecto directo sobre el costo que se deba aplicar a cada empresa.

Otro efecto sobre el costo es la distancia que existe entre el centro de operaciones, Abonos Agro La Uruca, y la ubicación geográfica de cada una de las empresas, ya que se incurre en gastos por concepto de alimentación, hospedaje y transporte cuando el personal se ve obligado a desplazarse fuera de San José. Más adelante se analizará como existe, además, un factor de pérdida de disponibilidad de los técnicos al salir estos del Área Metropolitana y como representa a su vez un efecto negativo sobre el control en el resto de los equipos.

4.4 Reporte de trabajos realizados.

En este punto se visualizarán los trabajos realizados por parte de los técnicos en el campo de la climatización con el fin de descubrir las necesidades más significativas y así determinar cuál sería la mejor planeación de trabajo. Por tal motivo, se ha recogido la información proveniente de las *“boletas de trabajos realizados”*, confeccionadas por el personal técnico desde el 2 de enero del 2003 hasta el 31 de marzo del mismo año.

Dichas boletas se han contabilizado y dividido en tres operaciones según la descripción del trabajo realizado. Como se detalla adelante, las tres operaciones básicas corresponden a mantenimientos preventivos, mantenimientos programados y mantenimientos correctivos.

TABLA 4.3 Reporte de Boletas de Trabajo.

- A.** Rutina de mantenimiento preventivo
- B.** Mantenimientos programados: instalaciones o rediseños.
- C.** Mantenimientos correctivos.

Lugar	OP A	OP B	OP C	Total
AALN	1	0	0	1
AALU	5	0	4	9
AAPZ	1	0	0	1
AASJ	7	7	10	24
AU	10	4	3	17
DP	7	7	2	16
EU	11	3	5	19
LC	11	0	1	12
LG	3	10	0	13
SC	4	1	0	5
SU	0	3	0	3
TF	2	0	0	2
TFC	4	0	2	6
TG	6	0	5	11
TGC	3	8	1	12
TS	2	0	0	2
TTLM	1	0	0	1
TTPC	0	0	0	0
TTPT	2	0	0	2
TTSJ	4	0	1	5
VR	9	0	9	18
OTROS	1	0	8	9
TOTAL	94	43	51	188

Cada una de estas operaciones posee sus propias características, las cuales son de suma importancia y al dividir la totalidad de trabajos por grupos según dichas características, es posible realizar un análisis más adecuado. A continuación se detalla cuáles son las características de cada operación.

4.4.1 Mantenimiento correctivo.

Una manera de medir los resultados de la tabla 4.3, se logra relacionando el porcentaje de operaciones correctivas realizadas con el total de los trabajos. Mediante el cálculo se obtiene que los trabajos correctivos representan el 27% del total de los trabajos realizados en los meses de enero, febrero y marzo. Encabezan la lista de edificios donde se ha tenido que incurrir mayormente a realizar trabajos correctivos, Abonos Agro San José, Tubo Tico-Galvatica Pavas y hotel Villas del Río.

Así, se puede ver que a los tres edificios citados anteriormente les corresponde un porcentaje mayor al 40% por concepto de operaciones correctivas en relación con los trabajos realizados a cada uno de ellos. En el caso del hotel Villas del Río, la mitad de los trabajos realizados fueron correctivos.

Las acciones correctivas son las más contraproducentes en la organización y administración de los proyectos de mantenimiento. Existen también grandes desventajas en el aspecto técnico y de estado de las unidades de climatización y a continuación se citan las más relevantes.

El paro de unidades de aire acondicionado y refrigeración resulta en algunos casos en el sobrecalentamiento y posterior paro de sistemas eléctricos y electrónicos tales como UPS, servidores de redes, variadores de frecuencia, entre otros.

Pérdida de disponibilidad de personal técnico para la realización de trabajos preventivos, dada la urgente necesidad de atender una llamada correctiva.

Aumento de gastos por la compra de repuestos debido a la falla de partes que se podrían evitar. Cuando se hace necesario comprar repuestos implica que la unidad de aire acondicionado o refrigeración permanezcan detenidas, con las consecuencias ya sabidas sobre la falta de control de temperatura y humedad.

4.4.2 Mantenimiento programado.

Básicamente se realizan dos tipos de trabajos de forma programada: *instalación de equipos y rediseño de sistemas*.

Dado que existe una previa programación de las actividades a realizar se puede controlar los gastos y el tiempo requerido de los técnicos. En otras palabras, se puede disponer adecuadamente de los recursos.

Sin embargo, cuando se contempla que el tiempo total de instalación resulta muy prolongado, se pierde disponibilidad del personal técnico tanto para las tareas preventivas como para eventuales trabajos correctivos, por lo que se acarrearán trabajos en horas extras o disminución de la calidad de los trabajos. Las obras de instalación de equipos en plantas fuera de San José se extienden por varios días en los que se debe contemplar el pago de viáticos y la disminución en disponibilidad del personal técnico.

En la tabla 4.3, se refleja el crecimiento de las plantas de Tubo Tico Galvatica en Caldera, con un 67% de operaciones programadas sobre las 13 boletas presentadas; y la Laminadora en Guápiles con un 77% de las 12 boletas. También se observa un gran desarrollo de obras en la planta de Durpanel y el punto de ventas de Abonos Agro en San José.

4.4.3 Mantenimiento preventivo.

Como es de esperar, los programas de mantenimiento preventivo representan tareas diseñadas para mantener el más alto rendimiento posible de los equipos y evitar su deterioro prematuro.

Por esto, el objeto del Departamento de Mantenimiento es disminuir los trabajos de tipo correctivo aumentando para este fin los trabajos preventivos, los cuales presentan las siguientes ventajas sobre las otras operaciones:

Programación adecuada del tiempo de ejecución de los trabajos y la cantidad de técnicos por trabajo.

Se asegura un mejor manejo del inventario de repuestos y materiales.

Es de suma importancia en el control del medio en que se encuentran los equipos de respaldo (UPS), en cuartos de servidores, salas de control eléctrico; ya que se mantiene un constante chequeo y regulación de los parámetros de temperatura y humedad.

Cuando se realizan trabajos de mantenimiento preventivo en oficinas o cuartos de habitación (Villas del Río), se logra un acuerdo con las personas que se puedan ver afectadas por los trabajos, con el fin de minimizar los inconvenientes.

Detección temprana de la necesidad de rediseño de los sistemas de climatización en lugares donde ha crecido la carga térmica ya sea por aumento de personal o equipos eléctricos, que puedan ser altamente sensibles.

Se evita el deterioro acelerado de los sistemas de aire acondicionado y refrigeración.

4.5 Costo del mantenimiento preventivo (situación actual).

En la búsqueda por aumentar los trabajos de tipo preventivos y así disminuir todos aquellos trabajos que se realizan de emergencia, se ha calculado el costo por rutina de mantenimiento preventivo en cada uno de los edificios y plantas listadas en la tabla 4.1.

De esta forma, se han generado una serie de datos donde forman nuevas divisiones, las cuales presentan similitudes, principalmente de costo por cada una de las unidades de climatización. A la vez, se genera una relación por la distancia geográfica desde el centro de operación.

Estas relaciones de costos por ubicación, serán decisivas en las conclusiones y la propuesta final para la administración del mantenimiento de los sistemas de climatización.

Como se ha expuesto en los objetivos de este proyecto, se pretende evaluar el desempeño del personal técnico y así encontrar el punto óptimo con la subcontratación como medio de equilibrio. El costo por rutina de mantenimiento preventivo no se había formulado hasta ahora y resulta de suma importancia para la comparación con el costo por contrato de terceros.

Dentro de los costos, se toman en cuenta todos los aspectos directos que generan gastos más un porcentaje llamado utilidad, en el cual se pretende contemplar todos los pequeños gastos indirectos y no mensurables.

En el grupo A y B, tablas 4.4 y 4.5 respectivamente, se toman en cuenta los costos por viáticos tales como alimentación y hospedaje cuando se amerite debido a una duración en el trabajo y por traslado del personal mayor a las 9,5 horas. Estos aspectos se calculan tomando en cuenta que cada trabajo de mantenimiento lo realizan 2 o más técnicos. Además, se suma el costo por vehículo por la cantidad de horas de uso, el costo por hora de mano de obra, más cargas sociales. Por último, se agrega el porcentaje de utilidad.

En el grupo C, tabla 4.6, la mayor influencia sobre los gastos se da en la mano de obra. El costo del vehículo para cada empresa se asume considerando que al total de horas por mes (en promedio 208 horas) se le restan las horas fijas de trabajos de mantenimiento en las empresas del grupo A y B. Seguidamente, las horas restantes se multiplican por el costo del vehículo por hora (definido por la empresa encargada del transporte) y se cargan a cada empresa en San José en función de un coeficiente designado como *carga por equipos*.

La duración por rutina de mantenimiento preventivo se ha obtenido de la toma de tiempos en trabajos observados al azar. Aproximadamente 2 técnicos tardan 30 minutos en la rutina de mantenimiento por equipo. En las empresas de los grupos A y B se suman las horas de viaje.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de cada uno de los costos junto a los rubros necesarios, se presentan a continuación.

Costo de mano de obra = MO

$$MO = CHT * HP * CS$$

CHT: Es la suma del costo por hora de cada uno de los técnicos involucrados en el mantenimiento.

HP: Horas programadas para realizar el mantenimiento por edificio.

CS: Cargas sociales aplicadas al costo de mano de obra, 50%

Costo del vehículo fuera de San José (Grupo A y B) = VH1

$$VH1 = \frac{CMV}{208} * HP$$

CMV: Costo mensual del vehículo asignado por la empresa arrendadora de los vehículos.

Costo del vehículo dentro de San José = VH2

$$VH2 = \frac{CMV}{208} * i$$

i = coeficiente por cantidad de equipos.

$$i = \frac{n_{ed}}{TE}$$

n_{ed} = Cantidad de equipos instalados en cada edificio dentro de San José.

TE = Total de equipos de los cuales se hace cargo el Departamento de Mantenimiento en San José.

Nuevamente, el valor total de mantenimiento se obtiene sumando el costo de mano de obra más el costo de vehículo, según el caso, más el costo por viáticos.

Ahora se analizará caso por caso para determinar los grados de prioridad.

Tabla 4.4 Costo en grupo A

Lugar	Duración(h)	Frecuencia Mto.	Cant de Técnicos	Total ¢	Costo por equipo ¢
AAPZ	9,5	2M	2	77 421	25 807
AALN	9,5	2M	2	77 421	11 060
TTPT	7,5	2M	2	67 082	9 583
TTLM	8	2M	2	71 293	35 647
TTPC	15	2M	2	163 373	54 458

En este grupo se ubican las empresas que presentan un mayor costo en promedio por unidad instalada de climatización. Como se ha visto anteriormente, existen una serie de variables que alteran directamente el valor final de mantenimiento preventivo por equipo.

En este cuadro se observa que el costo por equipo en promedio es alto y se debe a dos factores: la gran carga generada por los viáticos y el hecho de que en cada edificio se encuentran instaladas pocas unidades por lo cual se genera un aumento del costo por unidad.

Aparte del costo por trabajo, se pueden observar otras características que afectan el desempeño del departamento de mantenimiento.

Cuando el tiempo promedio de rutina de mantenimiento preventivo por unidad es de 30 minutos en San José, en los edificios del grupo A, la duración aumenta al tomar en cuenta las horas de viaje (tiempo muerto) entre el centro de operación y el sitio.

En caso de presentarse un trabajo de emergencia, es casi imposible contar con el personal técnico desplazado y el equipo de herramientas.

Se generan, además, problemas con el transporte ya que el automóvil utilizado para la reubicación del personal se ha tomado para atender las rutinas de mantenimiento preventivo fuera de San José.

Por tanto, no se mantiene una concordancia entre el tiempo de realización de cada rutina de mantenimiento, costo por el servicio y cantidad de equipos instalados en cada edificio.

Tabla 4.5 Costo en grupo B

Lugar	Duración(h)	Frecuencia Mto	Cant de Técnicos	Total ¢	Costo por equipo ¢
EU	16	1M	3	181 368	7 255
LG	14	1M	2	132 277	6 614
TFC	27	1M	3	320 261	7 117
TGC	14	1M	2	136 187	6 809

Al igual que en el grupo A, existe una gran carga sobre el costo de mantenimiento preventivo debido al pago de viáticos y automóvil. A pesar de esta característica, el costo promedio por equipo disminuye dado que en cada rutina se atienden un número mayor de equipos lo que significa una mayor distribución de los costos.

El problema más grave es la duración en los trabajos y la demanda de personal técnico. Nuevamente, se entiende esto como una limitante para la programación de trabajos o atención de trabajos correctivos.

Anteriormente se citó como varía la intensidad y la frecuencia de las rutinas de mantenimiento preventivo si se realizan en plantas de producción o por otro lado en edificios de oficinas o habitaciones. En el grupo B se han reunido únicamente plantas, sobre las cuales debe existir una especial atención y control, dados los ambientes en que operan.

Las plantas citadas en la tabla anterior presentan además la característica de encontrarse instaladas en zonas donde la temperatura ambiental supera en ocasiones los 30°C y en el caso de Guápiles, la humedad relativa permanece cercana al 100%.

Los requerimientos de control sobre los equipos pueden ser atendidos por el personal del Departamento de Mantenimiento, quienes además se encuentran a cargo de las nuevas instalaciones (subcontratadas o no) y gracias a la tabla anterior se puede ver que el costo económico es representativamente bajo.

Tabla 4.6 Costo en grupo C.

Lugar	Duración(h)	F.M.	Cant de Técnicos	Total ¢	Costo por equipo ¢
AALU	11,5	1M	2	51 203	2 226
AASJ	32,5	1M	2	130 175	3 518
AU	9,5	1M	2	40 222	2 681
DP	24	1M	2	93 367	4 244
LC	19	1M	2	72 143	5 153
TS	2	1M	2	8 905	2 226
TTSJ	8	1M	2	31 468	3 934
TF	8	1M	2	31 987	3 554
TG	15	1M	2	62 116	2 958
VR	39	1M	2	173 644	2 226

En este grupo se encuentran todos los edificios ubicados en San José, ya sean plantas de producción o edificios administrativos y habitacionales. La característica más relevante es el bajo costo por rutina de mantenimiento que se observa mejor en el costo promedio por equipo.

Dada la gran cantidad de unidades de aire acondicionado, el costo por mano de obra y de vehículo, se distribuyen de una manera adecuada. Ya que el centro de operación se ubica en Abonos Agro La Uruca, el desplazamiento a cada sitio de trabajo se hace con bastante facilidad y el costo disminuye al no tener que pagarse viáticos.

La realización de los trabajos de mantenimiento preventivo mensuales tendrían una duración aproximadamente de 168,5 horas con la utilización de dos técnicos permanentes. Eso significa que de las 208 horas mensuales de trabajo por técnico, a 2 de ellos les restaría únicamente 39,5 horas o 4 días para la realización de cualquier otro trabajo.

La situación de Abonos Agro San José es la más significativa. En la tabla anterior se observa que tiene el segundo costo total más alto igual que en horas de duración de los trabajos. Anteriormente, en la tabla 4.6 aparece con el mayor reporte de boletas de trabajo con mayoría de trabajos correctivos. Esto quiere decir que los trabajos preventivos realizados no resultan efectivos para disminuir los reportes por daños.

4.6 RECOMENDACIONES.

4.6.1 Programa de mantenimiento preventivo.

La programación de los trabajos de mantenimiento implica, principalmente, un adecuado control de la eficiencia de las unidades de climatización. Se traduce, además, en un adecuado orden en la realización de cronogramas de trabajos donde se beneficia tanto el personal del área de aires acondicionados y refrigeración como todo el personal del Departamento de Mantenimiento por lo que se pueden programar trabajos en conjunto como el desplazamiento de personal de un lugar a otro. Se pueden prever la cantidad de recursos y repuestos necesarios a lo largo de un período para mejorar el control de gastos y manejo de la contabilidad interna del departamento.

4.6.2 Diseño de procedimientos de mantenimiento preventivo.

Significa la realización de los trabajos de mantenimiento preventivo de una manera estandarizada para que resulten eficaces, por supuesto con el objetivo siempre de llevar al mínimo los mantenimientos correctivos.

Mediante el diseño de los procedimientos adecuados, tanto el personal técnico y la administración se aseguran la calidad de los trabajos, y en caso de que ocurra una falla en algún equipo será más fácil encontrar la causa dado el seguimiento que se le brinda a cada unidad de climatización.

4.6.3 Boletas de reportes por trabajos realizados.

Resultan un medio claro y eficaz de retroalimentación manteniendo así un estricto control sobre los procedimientos de mantenimiento preventivo. Así mismo, permite mantener un estudio sobre el ritmo de trabajo del personal técnico, hora de entrada y salida de los distintos sitios de trabajo, anotaciones sobre condiciones especiales observadas por los técnicos, etc. Con estos datos, los programas de mantenimiento y los cronogramas generales de trabajo pueden irse depurando cada vez más.

4.6.4 Exclusión de zonas de menor beneficio y mayor costo.

La subcontratación de los servicios de mantenimiento busca ser un medio para conseguir un aumento de eficacia del departamento en áreas críticas para la empresa.

Utilizando la información almacenada en la base de datos de las unidades de aire acondicionado y la información en la tabla 4.4, gráfico 2, se observa que el servicio para estas empresas resulta ser el más costoso por equipo, se presenta la mayor pérdida de disponibilidad de personal y, por último, los equipos instalados no son 100% indispensables ya que corresponden a oficinas administrativas. Por tanto, representan rutas críticas para el desarrollo de los planes del Departamento de Mantenimiento.

En tanto que las empresas localizadas en el grupo B, a pesar de generar un alto costo de mantenimiento y una pérdida de disponibilidad de personal cada vez que se programa una rutina de mantenimiento, son empresas en que la mayoría de los equipos se encuentran instalados en zonas de producción, y su función de mantener temperatura y humedad debe ser constante.

Así mismo, dado que en cada rutina de mantenimiento (de cualquier tipo) se logra acaparar un gran número de unidades, el costo por unidad se disminuye.

En el grupo C se debe considerar el caso de Abonos Agro San José ya que es la empresa que más horas suma al trabajo total del departamento de mantenimiento (tabla 4.6) y, a pesar de esto, anteriormente se vió en la tabla 4.3 que genera la mayor cantidad de reportes dentro del Área Metropolitana saturando al Departamento de Mantenimiento.

Las otras empresas del grupo C además de reflejar un bajo costo por unidad, se les puede brindar el servicio de mantenimiento mediante una adecuada programación anual de los trabajos de mantenimiento preventivo.

4.6.5 Parámetros de los contratos

En este proyecto se ha estudiado la posibilidad de subcontratar parte de los servicios mantenimiento de las unidades de climatización, además hasta donde sería conveniente dicha subcontratación.

Anteriormente se ha dicho cuáles son las zonas críticas y mantenerlas como “clientes” es de menor beneficio para el departamento.

El siguiente paso, de aprobarse la subcontratación, sería primeramente la elaboración de un plan que estipule el alcance de terceros, los requerimientos mínimos y la manera de evaluar y controlar los trabajos realizados.

Por último, se puede escoger en el mercado que empresas cumplen con el perfil deseado.

4.6.6 Contratación para instalaciones

Hasta ahora se han hecho recomendaciones únicamente tomando en cuenta las rutinas de mantenimiento preventivo.

Claro está que los procesos de instalación de equipos de aire acondicionado y refrigeración pueden ser tercerizados. De la tabla 4.3 se nota que existe una gran tendencia dentro de las empresas del GPM a crecer y renovar; lo que significa que los técnicos deben estar continuamente a cargo de proyectos de desmontaje y montaje.

Debido principalmente a que los procesos de instalación se alargan por tiempo indefinido, como se ve en el reporte de las *“boletas de trabajo”*, y que el departamento debe incurrir en la compra de materiales sin un adecuado taller para almacenarlos y un debido manejo de estos, es que se recomienda siempre la tercerización de dichos servicios.

5. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE GENERADORES ELÉCTRICOS

5.1 Objetivo.

- Verificar que la instalación mecánica de los generadores eléctricos cumpla con las normas y códigos mínimos de seguridad.
- Revisar el cumplimiento de las normas de conexión eléctrica.
- Presentar a la Gerencia un informe detallado de las fallas y los procedimientos a seguir para su corrección.

5.2 Justificación.

La tecnología actual depende en gran medida de las redes de conexión eléctrica. A pesar de la importancia que dichas redes representan no son 100% estables y en algún momento colapsan.

Debido a las posibles (y a veces muy frecuentes) fallas en los sistemas eléctricos es que se instalan generadores eléctricos que respalden los sistemas de producción y servicios en caso de cortes en el flujo eléctrico.

El funcionamiento adecuado según las normas del fabricante y la seguridad del personal que opera los generadores son los motivos que originan este estudio.

La base de la investigación son los tres generadores ubicados en Abonos Agro La Uruca y el único generador instalado en la sucursal de Abonos Agro Barrio Méxio, San José.

5.3 Descripción de los equipos.

Tabla 5.1 Descripción de los generadores eléctricos.

Generador 1	Marca:	KOHLER	Modelo:	30ROZJ61
	Ubicación:	Entrada por Central de Mangueras – La Uruca		
Generador 2	Marca:	KOHLER	Modelo:	30ROZJ81
	Ubicación:	Detrás de bodega 24 – La Uruca		
Generador 3	Marca:	CUMMINS	Modelo:	200DFAA
	Ubicación:	Bodega 25 – La Uruca		
Generador 4	Marca:	KOHLER	Modelo:	80ROZJ61
	Ubicación:	Parqueo – Barrio México.		

5.4 Situación actual.

5.4.1 Generador 1

Este presenta una configuración monofásica, con voltajes de salida de 120/240 V y una potencia nominal de 33 kVA. Su carga se encuentra distribuida entre luces, cámaras de seguridad, aires acondicionados y la UPS (10 kVA) que sirve como respaldo de las computadoras en los módulos de venta y facturación en el área de ferretería principalmente. Además se encuentran los computadores conectados en la sala de exhibición, SEY, Centro Especializado, bodegas 21 y 22.

5.4.2 Generador 2

El generador 2, a pesar de ser de igual modelo que el anterior, se encuentra configurado de tal manera que ofrece un voltaje trifásico, con voltajes de salida de 120/208 V y una potencia nominal de 41kVA con un factor de potencia 0,8.

Según el estudio realizado, se encontró que esta variante en la configuración se debe a que se encuentra conectado a dicho generador tres bombas de agua para abastecimiento de los edificios, las cuales requieren de una fuente de alimentación del tipo trifásico.

Entre otras cargas abastecidas por el G2 se encontraron luminarias, aires acondicionados, la UPS (6,5 kVA) que respalda el área de Gerencia, bodega 24 y venta de Makita (bodega 25), la UPS (3 kVA) de respaldo de la central telefónica.

5.4.3 Generador 3

La configuración del G3 es trifásica, con voltajes de salida de 277/480 V, potencia nominal de 250 kVA y factor de potencia de 0.8.

La carga de dicho generador es consumida por dos grúas viajeras utilizadas para el transporte de material en la bodega 27 y una UPS (3 kVA) que alimenta las computadoras en bodega 28.

5.4.4 Generador 4.

Este único generador se encuentra de respaldo de todo el edificio de Abonos Agro en barrio México. Su capacidad nominal es de 61 kVA con voltaje de 120/240 V, monofásico.

Según los responsables, se han dado muchos problemas en los últimos meses con este equipo y es posible que sea porque se encuentre cerca de su capacidad nominal.

5.5 Metodología.

El estudio de los generadores se divide en dos: *funcionamiento eléctrico e instalación mecánica*.

Para determinar el índice de funcionamiento de los generadores es necesario desconectar la acometida externa y medir los siguientes datos:

- a) Voltaje generado.
- b) Corriente suministrada al sistema.
- c) Frecuencia de funcionamiento.

El estado de la instalación mecánica se realiza tomando en cuenta las recomendaciones realizadas por el fabricante y. Las observaciones se hacen en función a los siguientes parámetros:

- a) Almacenaje del combustible
- b) Características de los cimientos
- c) Requerimientos de ventilación
- d) Estado de las baterías
- e) Estructura de la salida de los gases de combustión.

5.6 Factores de una adecuada instalación mecánica. Marco teórico

5.6.1 Montaje.

El peso del generador eléctrico determinará el tipo de construcción en el lugar donde se vaya a situar. En la mayoría de los casos, son montados sobre hormigón, a nivel del suelo. No obstante, algunos equipos se sitúan a niveles superiores sobre plataformas construidas con acero, hormigón o madera.

El diseño del montaje varía según las necesidades del usuario, consideraciones del especialista encargado y condición de la superficie donde se desee instalar. Las variantes en el diseño son posibles siempre y cuando el fabricante así lo permita.

La recomendación de los fabricantes es, sin duda alguna la de mantener el equipo generador nivelado, con una pendiente igual a cero. Otro aspecto que requiere especial atención es el asilamiento contra vibración.

Las bases de montaje están hechas normalmente de acero fabricado con sección en forma de I o C, donde el ancho y la longitud varían con el tamaño de la unidad. Más allá de la forma de la base, los fabricantes exigen el uso de aislamientos contra la vibración entre el motor-generador y el patín o base de montaje, y este con la superficie. El asilamiento puede consistir en aisladores de neopreno, o una combinación de resorte y neopreno, entre el motor-generador y el patín, o monturas de resorte entre el patín y el pedestal de montaje.

Algunos fabricantes aseguran que la eficiencia de aislamiento de las monturas de pedestal con neopreno es del 90% aproximadamente; mientras que los aisladores de resorte normalmente proporcionan una eficiencia de aislamiento del 98%. Estos parámetros deben tomarse en cuenta cuando se va a instalar un equipo en medio de una edificación donde otros equipos o personas pueden verse perjudicados por los niveles de vibración.

Otra recomendación frecuente es que las conexiones entre el generador y la base de montaje como conductos de cableado eléctrico, tubos de combustible, tubos de escape, etc., deben tener secciones flexibles para prevenir las roturas y aislar el grupo electrógeno de la vibración.

5.6.2 Requisitos de ventilación.

La instalación del equipo generador, requiere una circulación abundante de aire fresco tanto para la combustión como para disipar el calor. El fabricante de generadores KHOLER asegura que alrededor de un 70% del valor térmico del combustible consumido por un motor es desechado al sistema de enfriamiento y al escape.

Por lo tanto, cuando se instala un equipo generador en un edificio o recinto cerrado, se debe asegurar una adecuada circulación del aire, mediante aberturas de entrada y salida de aire.

La generación de calor en el motor y generador está en función directa de la potencia generada. Cuanto mayor es esta, mayor va a ser el calor producido, que a su vez tendrá que ser disipado para mantener un adecuado funcionamiento del sistema.

En edificaciones cerradas, se debe calcular el área de abertura tanto de entrada de aire como de salida. La siguiente fórmula proporciona una medida práctica para dicho cálculo:

$$A = Pn * \frac{0,023m^2}{kVA},$$

donde **A** es igual al área de abertura en metros cuadrados y **Pn**, es la potencia nominal del generador en kilovatios.

Es común el uso de persianas, rejillas o filtros ya sea en la entrada y/o salida de aire. Por lo tanto, a continuación se indica el aumento mínimo de tamaño recomendado por el fabricante (KHOLER) comparado con las aberturas de entrada y salida de aire sin restricciones.

- a) Si utilizan persianas, el tamaño de la abertura debe aumentar aproximadamente en un 50%.
- b) Si utilizan rejillas de ventana, la abertura debe aumentar aproximadamente en un 80%.
- c) Si utilizan filtros de horno, la abertura debe aumentar en un 120%.

Los tres sistemas de enfriamiento con líquido más comunes usados para grupos de generación son: radiador montado en la unidad, agua de la ciudad y enfriador remoto.

Los generadores analizados en este estudio utilizan el sistema de enfriamiento con radiador montado en la unidad. Los principales componentes de este sistema son un ventilador motorizado, una bomba circulante, un radiador y un termostato. La bomba hace circular el agua a través del motor hasta que este alcanza la temperatura de operación; entonces el termostato del motor se abre y permite la circulación a través del radiador. El ventilador impulsa aire desde el lado del radiador cercano al motor a través de la superficie de enfriamiento.

Es de suma importancia tener en cuenta que siempre que se instala un generador dentro de un edificio o de un recinto, el aire del radiador debe salir al exterior mediante conductos.

Ya que el objetivo de la ventilación es mantener trabajando el equipo de generación a una temperatura relativamente baja, se debe cuidar que no se produzca recirculación de aire dentro o fuera del edificio.

Se recomienda una solución de etilenglicol al 50% y 50% de agua limpia ablandada, como protección contra la congelación a -37°C y contra la ebullición a 129°C . Una solución al 50/50 también actúa como inhibidor de la oxidación y la corrosión.

5.6.3 Requisitos del sistema de escape.

La mayoría de los fabricantes recomiendan el uso de tubería de hierro negro número 40.

El factor más importante es que el sistema instalado no exceda el límite máximo de contrapresión del motor, el cual se podría sobrepasar por la utilización de un diámetro del tubo de escape demasiado pequeño, un tubo de escape demasiado largo, demasiados ángulos o un silenciador demasiado pequeño o de diseño incorrecto. El límite de contrapresión lo da el fabricante en la hoja de especificaciones técnicas del generador.

Es necesario instalar una sección flexible en la línea de escape cerca de la salida del escape del motor. Esta sección limita el esfuerzo sobre el múltiple de escape del motor o turboalimentador causado por el movimiento del motor en sus monturas contra la vibración y los cambios inducidos por la temperatura en las dimensiones del tubo.

Se debe instalar un sifón de condensación en forma de Y o T con un tapón de drenaje o una llave de desagüe entre el motor y el silenciador del escape. Así se impide que la acumulación de humedad condensada en el escape del motor regrese a este cuando se detenga.

El calor desprendido por la tubería de escape y, en consecuencia, la cantidad de aire de ventilación requerida se pueden reducir considerablemente aislando la tubería de escape con un material adecuado para altas temperaturas. Es importante mantener una distancia adecuada de cualquier material combustible.

En caso de que el tubo de escape pase por una pared o por el tejado, hay que usar un manguito de escape para que el calor del tubo no se transmita al material combustible.

5.6.4 Sistemas de combustible.

La limpieza del combustible es particularmente importante en los motores diésel, los cuales tiene inyectores y bombas de combustible muy precisos que se atascan fácilmente.

Dentro de la investigación se ha utilizado como base el Decreto N°30131-MINAE-S el cual emite el *“Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos”*. En este decreto se establecen los requisitos jurídicos y técnicos así como los procedimientos por los cuales se rige, entre otros, el almacenamiento de combustibles derivados de los hidrocarburos, aspecto importante en el uso de generadores eléctricos.

Se ha definido como *tanque superficial no confinado* a aquellos tanques de pared sencilla instalados por encima del piso terminado, apoyado en bases de concreto armado o de acero estructurado y limitado por diques de contención. Este es el sistema de almacenamiento utilizado para el suministro de combustible en todas las unidades de generación incluidas en este estudio.

5.6.5 Requisitos del sistema eléctrico.

Hay que tener mucho cuidado en la instalación de las conexiones eléctricas entre las diversas partes del equipo. Todos los cables deben entrar en el generador por conexiones flexibles.

Las baterías deben estar en un área limpia y seca, de fácil acceso a las tapas para comprobar el nivel de electrolito. Además, no deben estar en áreas sujetas a altas temperaturas.

Cuanto más cerca se encuentren las baterías del generador y los cables más cortos, se asegura la máxima salida de potencia.

Las baterías de arranque generalmente son de tipo plomo-ácido, con la capacidad acorde con las recomendaciones del fabricante para una temperatura ambiente particular y el tiempo de arranque requerido.

La razón más común de la falla de un grupo electrógeno de emergencia que no arranca cuando hace falta, es la falla de la batería de arranque.

Un sistema de reserva típico tendrá uno más conmutadores automáticos de transferencia conectados a la salida del generador. Estos conmutadores funcionan para transferir automáticamente la carga eléctrica del generador en caso de falla de la fuente normal de potencia. Cuando se reanuda la potencia normal, el interruptor transfiere la carga de nuevo a la fuente normal y da la señal al generador para que se detenga.

Diferentes constructores de grupos electrógenos concuerdan en que la capacidad de generación donde se obtiene la mayor eficiencia sin provocar un rápido deterioro del equipo corresponde al 90% de la capacidad nominal de los equipos.

5.7 Estudio de la capacidad eléctrica.

El punto más urgente del cual la administración necesitaba un estudio se refiere a la capacidad de generación eléctrica de cada uno de los generadores y su porcentaje de aprovechamiento.

En la siguiente tabla se encuentran los datos de carga medidos, con la contraposición de la capacidad de generar potencia por parte de cada grupo electrógeno.

Tabla 5.2 Datos comparativos de potencia.

	Generador 1		Generador 2		Generador 3		Generador 4	
Modelo	30ROZJ61		30ROZJ81		200DFAA		80ROZJ61	
Int.Princip	150 Amps		150 Amps		350 Amps		300 Amps	
	Nominal	Promedio	Nominal	Promedio	Nominal	Promedio	Nominal	Promedio
Voltaje	120/240	120/240	120/208	120/208	277/480	277/480	120/240	120/240
Corriente	138	90	115	85	301	60	254	230
Fases	1	1	3	3	3	3	1	1
f.p.	1	1	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1
KVA	33	22	41	31	250	49,86	61	55,2
Kw.	33	22	33	24,5	200	40	61	55,2
%Utilidad	65%		74%		20%		90%	

La forma más segura de obtener los datos de carga de los generadores se hizo mediante la medición de la corriente eléctrica que pasaba por el punto de los paneles de transferencia. Así, aunque la carga estuviera siendo abastecida por la fuente normal, se sabe cuál debe ser la potencial final que debe entregar el generador.

Mediante el cálculo de potencia, se puede comparar la demanda con la capacidad de generación .

$$S = V * I \rightarrow VA$$

$$P = S * fp \rightarrow Watts$$

Los resultados finales se pueden observar en la tabla 5.2. Tanto los datos de potencia demandada como el porcentaje de utilización, que es el que buscamos finalmente.

Tanto el generador 1 y 2 se encuentran en rangos aceptables de utilización (65% y 74% respectivamente), con la posibilidad de que la carga instalada crezca. Esto asegura además que no se presenten sobrecalentamientos en los sistemas, siempre y cuando la instalación electromecánica se encuentre debidamente diseñada.

En tanto, el generador 3, el cual posee la mayor capacidad de generación, tiene el menor porcentaje de utilización. Esto resulta poco rentable ya que tanto el consumo de combustible como el mantenimiento significan altos costos de operación debido a su gran capacidad de generación y por tan solo un 20% de rendimiento.

En el extremo se encuentra el generador 4 ubicado en barrio México el cual mantiene una demanda del 90%. Esto es el dato máximo de eficiencia propuesto por los fabricantes ya que un aumento mínimo de corriente produce un elevado aumento de temperatura y deterioro del equipo. Una consecuencia de que aumente la temperatura del equipo es que este se proteja e interrumpa la generación de corriente en un momento crítico de su utilización.

Un dato importante aportado por el personal técnico del Departamento de Mantenimiento, es que los equipos anteriormente citados se encuentran actualmente sin un programa de mantenimiento preventivo. Esto ha provocado que en algunas ocasiones, cuando se ha requerido su utilización, no hayan arrancado o se han disparado algunas protecciones posteriormente al arranque.

5.8 Estudio de las instalaciones electromecánicas.

5.8.1 Montaje.

Como se puede apreciar en la tabla A1, los cuatro grupos electrógenos cumplen con todos los requisitos para un adecuado montaje mecánico, esto según los fabricantes.

5.8.2 Ventilación.

En el generador 1 tanto la entrada como la salida de aire se encuentran más allá de los parámetros mínimos solicitados por el fabricante. El generador 2 a pesar de que la salida de aire es ligeramente menor que lo requerido por el fabricante cuenta con una buena entrada de aire, lo cual permite una adecuada circulación del mismo.

El caso crítico se encuentra en la instalación del generador 3 el cual no cuenta con salida de aire en frente del radiador y la entrada de aire es significativamente más pequeña de lo recomendado, por lo cual se encuentra limitada su capacidad de operación.

El generador 4 posee una adecuada ventilación ya que se encuentra cubierto únicamente por un techo y rodeado de una malla de seguridad.

5.8.3 Sistema de escape.

Existen dos puntos clave que representan fallas según las necesidades para un adecuado funcionamiento del sistema de escape. Estos son: falta de sifón de condensación en los generadores 1 y 2 y falta de mangos dobles de aislamiento en los generadores 1, 2 y 3.

5.8.4 Sistema de combustible.

La falta más grave en el sistema de combustible se da en los generadores 3 y 4. Estos, a pesar de ser los de mayor consumo debido a su capacidad de generación, no cuentan con tanques de abastecimiento primario. Esto ha generado en varias ocasiones fallas operacionales por falta de combustible.

5.8.5 Conexiones eléctricas.

Principalmente, se puede observar un grave deterioro en las baterías debido al parecer por la falta de programas de mantenimiento preventivo. En el caso del generador 1 se ve fácilmente la formación de ácido en las tapas de medición y carga de electrolito.

5.9 Conclusiones y recomendaciones.

Lo más importante es el diseño y puesta en marcha de un programa de mantenimiento preventivo, con el cual se pueda mantener un control adecuado sobre la demanda eléctrica, se asegura el funcionamiento eficaz en el momento en que se requiera por una emergencia y una larga vida útil del equipo.

Los equipos electrógenos requieren aire fresco para el proceso de combustión y enfriamiento del motor. Por lo tanto, es recomendable colocar ductos que fuercen la salida del aire que ha atravesado el radiador hacia el exterior. De esta manera no se produce una recirculación que viene en detrimento del funcionamiento del equipo de generación. El generador 3 requiere un rediseño del sistema de ventilación ya que este no cuenta con las especificaciones mínimas recomendadas por el fabricante.

Como se expuso en el marco teórico, la condensación formada en los gases de combustión puede devolverse hasta el motor, lo cual resultaría en un inminente daño. Por esto, se deben colocar sistemas de drenaje en la tubería de escape en los generadores 1 y 2. Se recomienda también la utilización de mangos dobles entre el tubo de escape y la pared que atreviese para evitar la conducción de calor por la última.

Para asegurarse un arranque inmediato y durante largo tiempo, se debe mantener un tanque primario de combustible que asegure el funcionamiento del generador durante un mínimo de 8 horas.

BIBLIOGRAFÍA

- Entrevistas con Ing. Didier Gómez. Clima Ideal S.A.
- **Technical Literature.** Kohler Power Systems.
- **Operation Manual.** Kohler Power Systems.

APÉNDICE

TABLAS Y GRÁFICOS

GRÁFICO 1. OPERACIONES REALIZADAS ENTRE ENERO Y MARZO DEL 2003

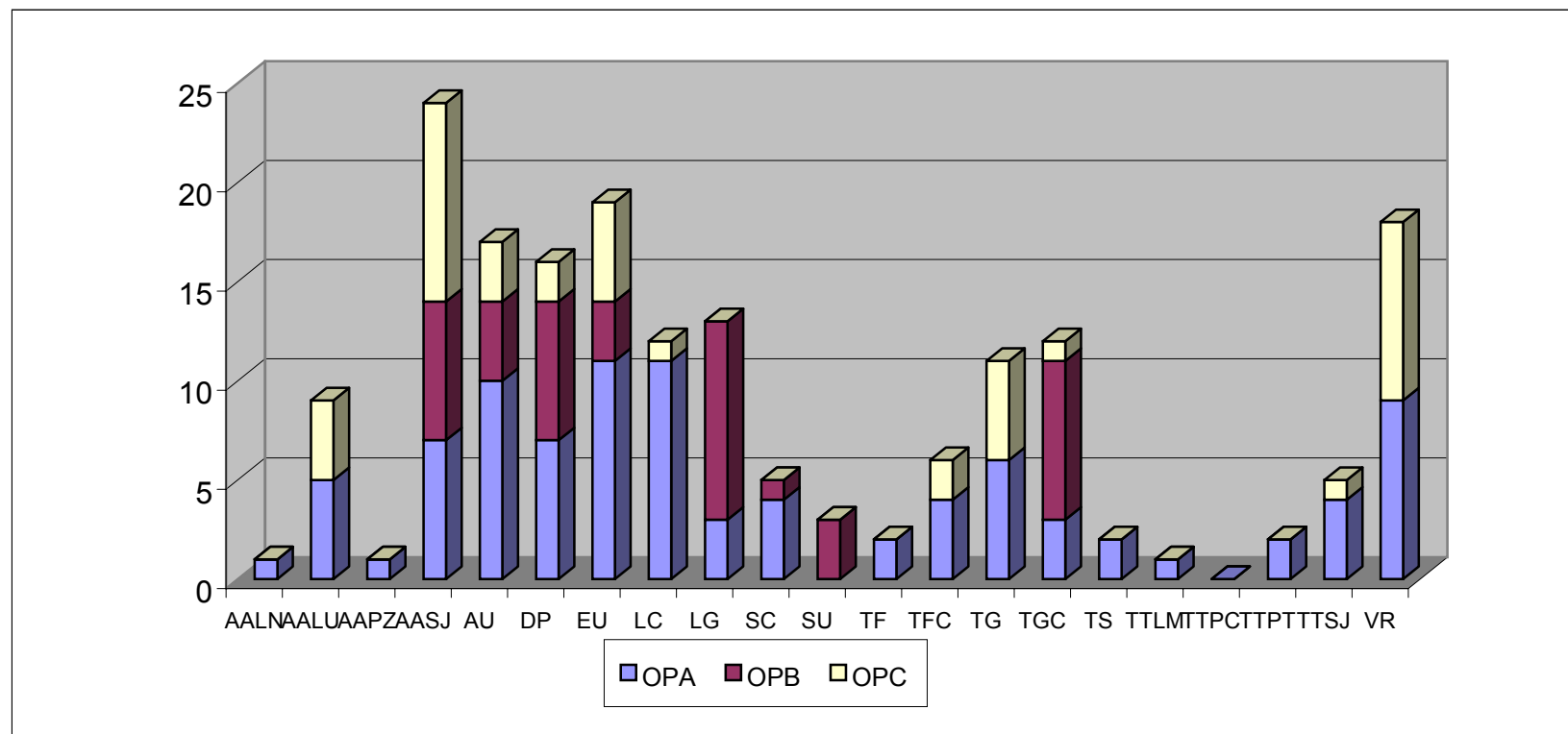


GRÁFICO 2. COSTO DE OPERACIONES EN LAS EMPRESAS DEL GRUPO A.

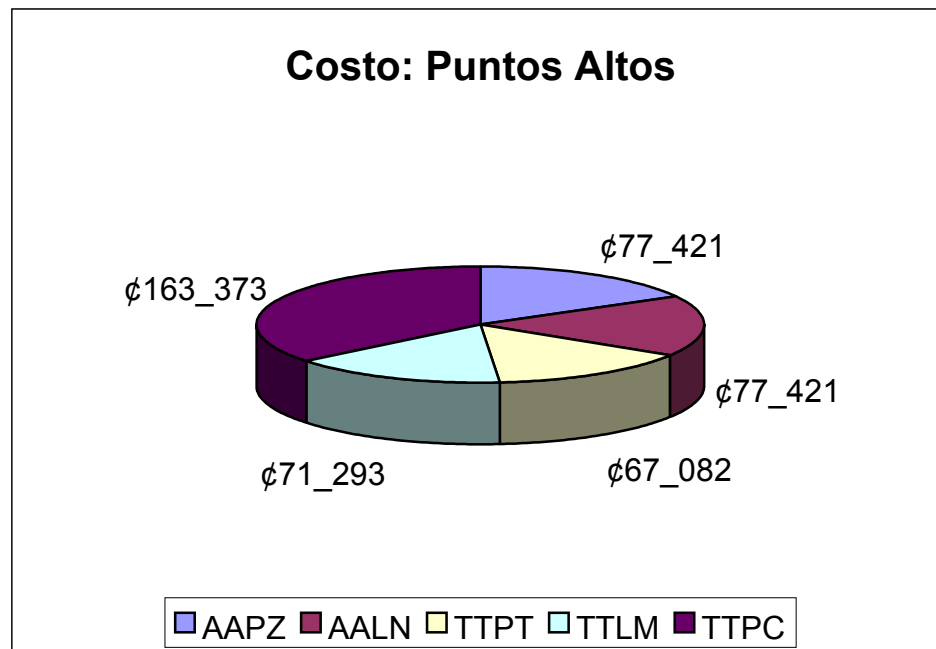


GRÁFICO 3. COSTO DE OPERACIONES EN EMPRESAS DEL GRUPO B.

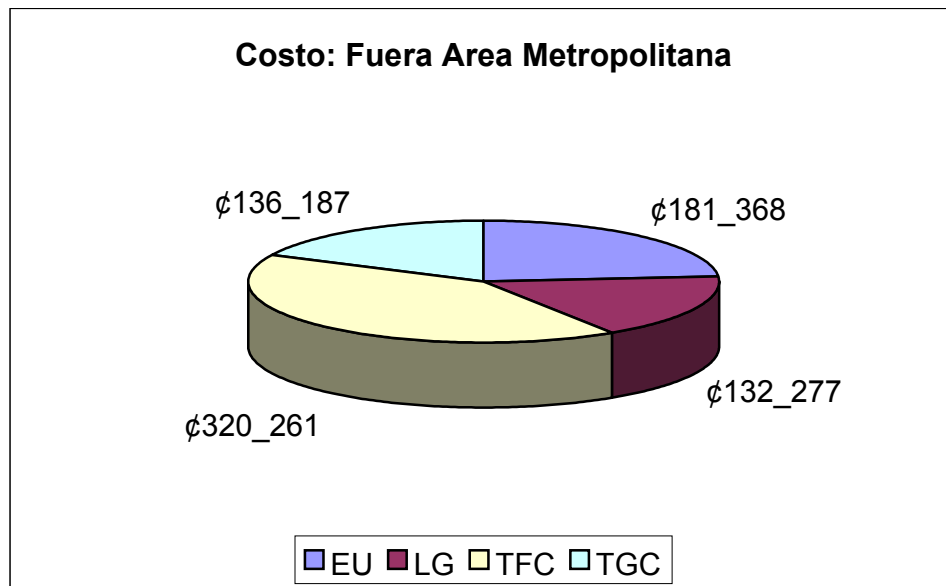


GRÁFICO 4. COSTO DE OPERACIONES EN EMPRESAS DEL GRUPO C.

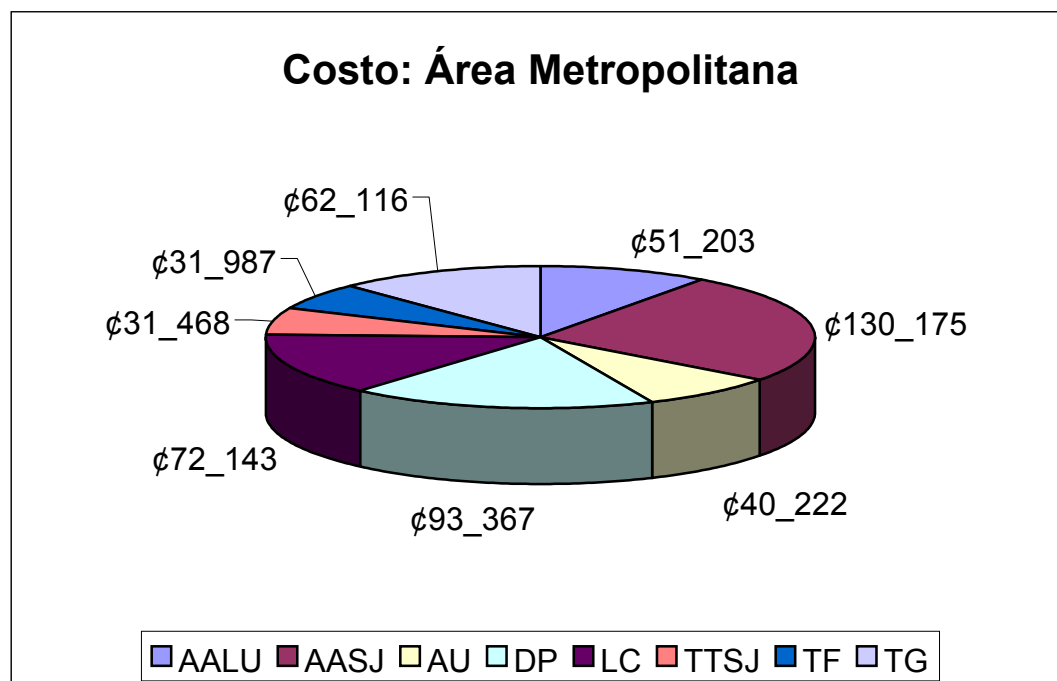


TABLA A1. ESPECIFICACIONES DE MONTAJE MECÁNICO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO.

1. Extremo del motor 2. Bastidor de la batería 3. Extremo del generador 4. Superficie del hormigón	5. Base de montaje del grupo electrógeno 6. 12,54 cm 7. 45,72 cm			
Detalle	G1	G2	G3	G4
Base de hormigón.	√	√	√	√
Superficie nivelada.	√	√	√	√
Pedestales de montaje.	Sección C	Sección C	Sección C	Sección C
Tipo de aislamiento de la vibración.	Neopreno	Neopreno	Neopreno - resorte	Neopreno
Distancia entre el generador y cualquier pared.	Mayor*	Mayor*	Mayor*	Mayor*

**TABLA A2. ESPECIFICACIONES DE LA VENTILACIÓN DEL GRUPO
ELECTRÓGENO.**

1.	Salida de conductos autoportada.	4.	Ventilador soplante.	
2.	Salida del aire.	5.	Sección flexible.	
3.	Abertura de entrada de aire.	6.	Patas de soporte.	
Detalle	G1	G2	G3	G4
Cuenta con ducto de salida de aire.	X	X	X	X
Tipo de entrada de aire.	Persiana	Persiana	Persiana	Persiana
Tipo de enfriamiento.	Radiador	Radiador	Radiador	Radiador
Área de entrada de aire.	2,2 m ²	1,9 m ²	2,6 m ²	Libre
Área de salida de aire.	0,8 m ²	0,5 m ²	0 m ²	Libre

TABLA A3. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE ESCAPE.

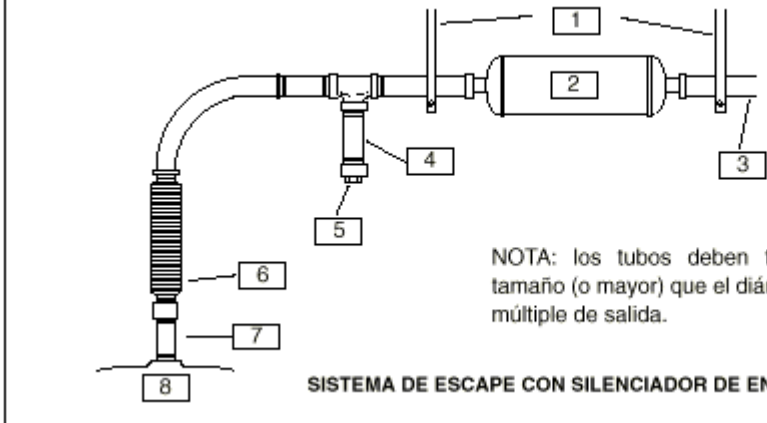
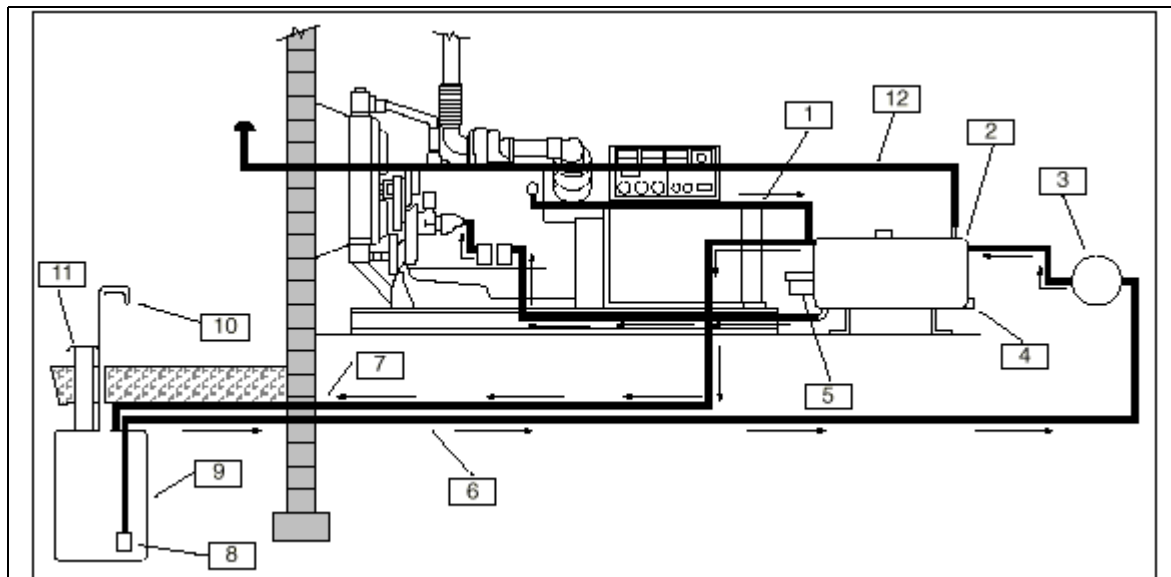
 <p>NOTA: los tubos deben tener el mismo tamaño (o mayor) que el diámetro interior del múltiple de salida.</p> <p>SISTEMA DE ESCAPE CON SILENCIADOR DE ENTRADA EN EL EXTREMO</p>				
1.	Soportes.	5.	Llave de desagüe.	
2.	Silenciador.	6.	Sección flexible.	
3.	Línea de salida.	7.	Sección sólida.	
4.	Sifón.	8.	Múltiple.	
DETALLE	G1	G2	G3	G4
Tubería de hierro negro número 40.	√	√	√	√
Diámetro externo de la tubería.	DM	DM	DM	DM
Distancia de la sección flexible desde la salida del motor.	12,5 cm	12,5 cm	41,5 cm	30 cm
Longitud de la sección flexible.	30,5 cm	30,5 cm	71,5 cm	35 cm
Existencia de sifón de condensación.	X	X	√	√
Distancia mínima desde cualquier material combustible.	55 cm	76 cm	83 cm	210 cm
Existencia de mangos dobles.	Libre	X	X	X

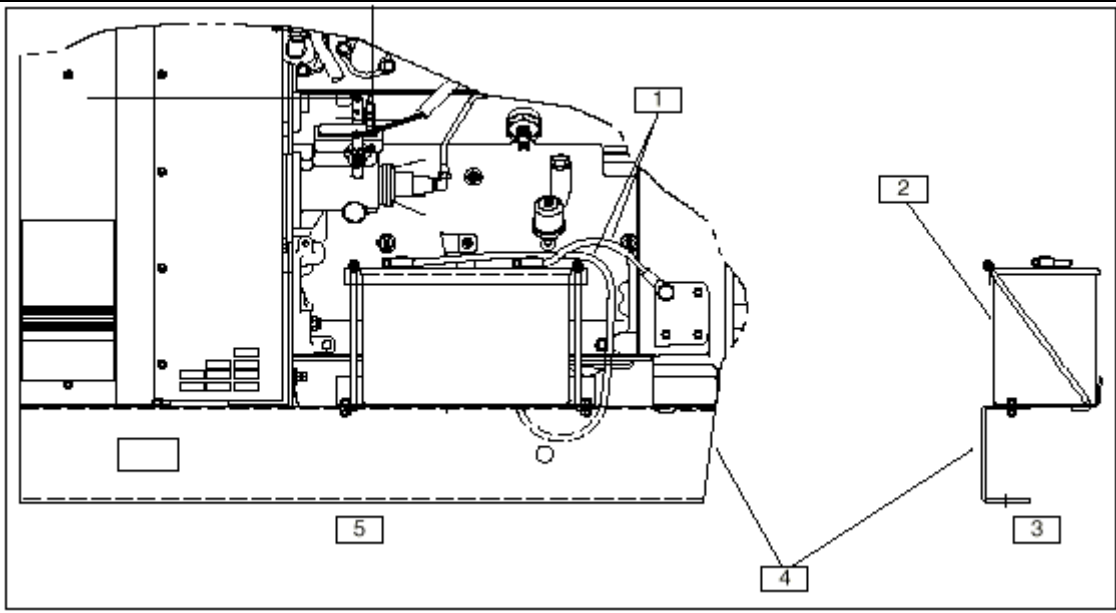
TABLA A4. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE.



1. Línea de retorno del inyector.	7. Tubo de rebosamiento.
2. Depósito diario de combustible.	8. Válvula de pedal.
3. Bomba volumétrica de transferencia de combustible.	9. Depósito de suministro.
4. Drenaje del depósito.	10. Respiradero del depósito de combustible.
5. Interruptor eléctrico para control del nivel de combustible.	11. Entrada para llenar el depósito.
6. Tubo de suministro de combustible.	12. Respiradero del depósito de diario.

Detalles	G1	G2	G3	G4
Diámetro línea de suministro.	15,9 mm	15,9 mm	15,9 mm	15,9 mm
Diámetro línea de retorno.	15,9 mm	15,9 mm	15,9 mm	15,9 mm
Material línea de suministro.	Cobre	Cobre	Asbesto	Asbesto
Material línea de retorno.	Cobre	Cobre	Asbesto	Asbesto
Material tanque principal.	Acero	Acero	X	X
Material tanque secundario.	Acero	Acero	Aluminio	Acero

TABLA A5. CONEXIONES ELÉCTRICAS.

				
1. Cables de la batería.	4. Patín del generador.			
2. Batería sujeta sobre el vastidor de montaje.	5. Vista lateral.			
3. Vista de frente.				
Detalles	G1	G2	G3	G4
Estado de la base de la batería.	√	√	√	√
Estado externo de la batería.	Corrosión	Grasa	√	Polvo
Nivel de electrolitos.	√	√	√	√
Cargador automático.	√	√	√	√
Conexión de la carga.	√	√	√	√